

LA INFORMACIÓN EN GRÁFICOS CARTESIANOS. PROCESAMIENTO CONCEPTUAL E INFLUENCIA DEL CONTENIDO

Ignacio Idoyaga, César Nahuel Moya
Universidad de Buenos Aires

María Gabriela Lorenzo
Universidad de Buenos Aires. CONICET

RESUMEN: Este trabajo busca reconocer el nivel de procesamiento de la información gráfica alcanzado por estudiantes de un curso universitario de física y evidenciar la influencia del contenido representado. Se diseñó especialmente una tarea de lápiz y papel con dos variantes: una correspondiente al capítulo de mecánica y otra al de dinámica de fluidos. Los resultados mostraron que los estudiantes estaban familiarizados con las representaciones presentadas y accedieron a la información explícita e implícita sin mayores dificultades. Sin embargo, el acceso a la información conceptual fue poco frecuente y estuvo fuertemente influenciado por el contenido representado. Conocer el tipo de procesamiento que realizan los estudiantes e identificar los niveles de dificultad de los contenidos es de suma utilidad para orientar la enseñanza.

PALABRAS CLAVE: representaciones externas, gráficos cartesianos, procesamiento de información gráfica, física, universidad.

OBJETIVOS: El propósito general de este trabajo es profundizar el conocimiento sobre la utilización, comprensión, interpretación y procesamiento de las representaciones gráficas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Particularmente, se pretende indagar el acceso al procesamiento de gráficos cartesianos a nivel de la información conceptual de estudiantes de un curso universitario de física. Paralelamente, se busca evidenciar la posible influencia del contenido representado en el procesamiento de la información gráfica.

MARCO TEÓRICO

Las representaciones son constructos de los sujetos que refieren a objetos, fenómenos, conceptos o ideas. Desde una perspectiva didáctica se reconocen dos grandes tipos de representaciones, las externas y las internas. Las internas son de carácter idiosincrásico, construidas tácitamente en el aprendizaje y se utilizan en la percepción, razonamiento, resolución de problemas y otras actividades cognitivas. Las externas son sistemas de signos que permiten presentar algún aspecto del mundo en su ausencia. Se inscriben en el espacio y tienen permanencia (Pérez Echeverría, Martí y Pozo,

2010). Son construcciones culturales o tecnologías intelectuales (Debray, 2001) que sirven como instrumentos concretos y soportes para la memoria, actuando como prótesis cognitivas que apoyan y amplifican el funcionamiento de la mente (Pozo, 2001). Dentro de las representaciones externas se distinguen las lingüísticas y las gráficas (Lombardi, Caballero y Moreira, 2009).

En general, suele asumirse que las representaciones gráficas son procesadas por los alumnos de manera automática; es decir, se las considera *autoevidentes* (López-Manjón y Postigo, 2014). Sin embargo su interpretación se complica cuando hacen referencia a conceptos científicos de elevado nivel de abstracción. Por lo que, la enseñanza de las ciencias debe tender a lograr que los estudiantes se constituyan en personas gráficamente alfabetizadas (Postigo y Pozo, 2000). En este sentido, Perales (2006) plantea la necesidad de ampliar el término entorno de aprendizaje para incluir a los signos, símbolos y reglas propios de los sistemas representacionales como elementos que condicionan el aprendizaje y la enseñanza. Más aún, en las clases de ciencias resulta imperativo explicitar, enseñar y aprender las reglas que conectan estas representaciones con las ideas que sustituyen en el discurso (Lombardi et al., 2009).

Según la forma en que se presenta la información y su relación con el objeto o fenómeno representado pueden distinguirse distintos tipos de representaciones gráficas: diagramas, mapas, planos, ilustraciones y gráficos. Estos últimos, y en particular los gráficos cartesianos, representan en el espacio relaciones numéricas o cuantitativas entre variables, razón por la cual, ocupan un lugar central en el discurso de la física, en su enseñanza y en la práctica experimental.

Postigo y Pozo (2000) proponen que el procesamiento de los gráficos se ve afectado por la estructura de la gráfica (formato y tipo), la estructura numérica (número y tipo de variables y relación entre ellas), el fenómeno representado (contenido) y la tarea y el contexto en el que se presenta; y, que se realiza en tres diferentes niveles que forman parte de un continuo:

1. Nivel de la información explícita: es el más superficial. Se trata de identificar los elementos presentes en el gráfico: título, número, nombre, tipo y los distintos valores de las variables.
2. Nivel de la información implícita: requiere encontrar patrones y tendencias identificando relaciones entre las variables involucradas. Exige que el gráfico sea interpretado globalmente y supone un cierto manejo del sistema semiótico; por ejemplo determinar la pendiente de una recta.
3. Nivel de la información conceptual: requiere de los niveles anteriores y está centrado en el establecimiento de relaciones conceptuales a partir del análisis global de la estructura del gráfico, lo que hace necesario recuperar otros conocimientos disponibles en la memoria a largo plazo, relacionados con el contenido representado, para realizar interpretaciones, explicaciones o predicciones.

El nivel de procesamiento conceptual resulta difícil de alcanzar incluso para estudiantes universitarios y sujetos titulados en ciencias (Cook, Carter y Wiebe, 2008). Conciene a la internalización de la representación para resignificarla por lo que resulta imprescindible para la generación de conexiones con representaciones internas preexistentes y para la conversión de la representación original en otros tipos de representaciones externas. Esto cobra particular importancia si se acepta que la diversificación de las representaciones de un mismo objeto aumenta la comprensión, que aparece ligada a el reconocimiento de las invariancias entre las representaciones (Duval, 1999).

METODOLOGÍA

Participantes

Los participantes fueron 54 estudiantes (un grupo de clase completo) de la asignatura Física correspondiente a carreras de Bioquímica, Farmacia y Licenciatura en Química que se dictan en una universidad privada de la Ciudad de Buenos Aires. La materia aborda temas correspondientes a cinemática, dinámica, mecánica, hidrostática, dinámica de fluidos y leyes de conservación. La evaluación consta de dos exámenes escritos y dos informes de laboratorio. En todas estas instancias se espera que los estudiantes confeccionen e interpreten gráficos cartesianos.

Tarea

Este estudio incluyó la realización de una tarea de lápiz y papel especialmente diseñada con dos variantes. La variante A presentaba un gráfico cartesiano (Gráfico 1) donde se representaban los distintos tipos de energía asociados a un bloque que se desplaza por una superficie con ascensos y descensos, donde hay zonas de rozamiento y en la que se interpone un resorte. Este contenido corresponde al capítulo de *mecánica*. La variante B, presentaba un gráfico (Gráfico 2) donde se representaban las energías asociadas a un fluido real que circula por una cañería. Este contenido corresponde al capítulo de *mecánica de fluidos*. Los gráficos resultan equivalentes con respecto a su estructura gráfica y numérica.

Gráfico 1.
Presentado para la variante A

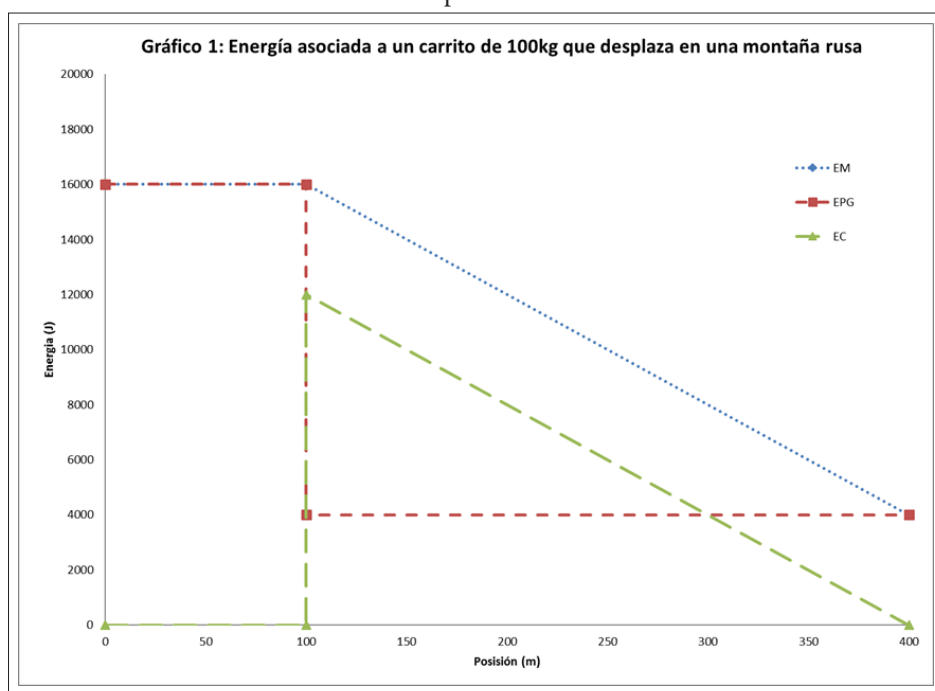
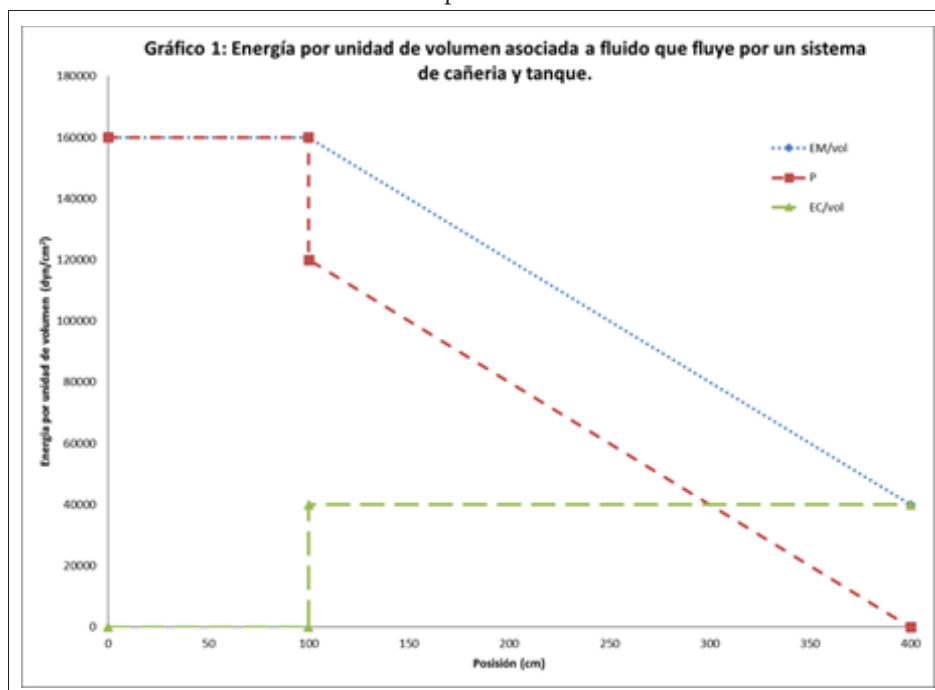


Gráfico 2.
Presentado para la variante B



Se realizaron ocho preguntas cerradas (a-h) y una abierta (i) vinculadas a los distintos niveles de procesamiento de la información gráfica (E: explícito; I: implícito; C: conceptual). Las preguntas y el nivel asociado para cada variante se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.
Preguntas y nivel de procesamiento asociado para cada variante

	VARIANTE A	VARIANTE B	NIVEL
a	La unidad usada para medir las energías fue ...	La unidad usada para medir las energías por unidad de volumen fue ...	E
b	Entre las posiciones 200m y 300m la EPG se mantiene ...	Entre las posiciones 200cm y 300cm la EC/vol. se mantiene ...	I
c	La EPG es 16000J entre las posiciones ...	La P es 160000dyn/cm² entre las posiciones ...	E
d	La EM se mantiene constante entre las posiciones ...	La EM se mantiene constante entre las posiciones ...	I
e	En trabajo de las fuerzas no conservativas es ...	En trabajo de las fuerzas no conservativas es ...	C
f	En la posición 400m la EM es ...	En la posición 400cm la EM/vol. es ...	E
g	La ganancia de EC que se da alrededor de la posición 100m es... a la pérdida de EPG que se da en la misma posición.	La ganancia de EC/vol. que se da alrededor de la posición 100cm es... a la pérdida de P que se da en la misma posición.	I
h	El rozamiento actúa entre las posiciones ...	La fricción interna actúa entre las posiciones ...	C
i	Describe como podría ser la montaña rusa que recorre el carrito del gráfico. Explique.	Describe como podría ser el sistema que recorre el fluido del gráfico. Explique.	C

Diseño y análisis de datos

La tarea fue introducida en situación de examen (noviembre de 2016). El tiempo para la realización fue de sesenta minutos. Cada variante fue resuelta por 27 estudiantes.

Las producciones fueron analizadas en primera instancia de manera individual por cada investigador para luego poner en común sus observaciones con el grupo.

Para el análisis de las preguntas a-h se asentaron aquellas correctas desde una perspectiva disciplinar y se registraron las diferentes. Para el análisis de la pregunta i se revisaron cuidadosamente las respuestas para identificar la presencia de los siguientes indicadores: 1) Pertinente y correcta utilización de modelos físicos en la resolución; 2) Recurrencia a nuevas representaciones externas (conversión); 3) Utilización de referencias y aclaraciones; 4) Uso de multiplicidad de lenguajes.

Los datos se analizaron usando estadística descriptiva. Para comparar las proporciones de respuestas esperadas para las preguntas a-h entre las variantes A y B, se utilizó el test de Chi cuadrado. Para estudiar las diferencias entre *e* y *h* dentro de la misma variante se aplicó el test de McNemar. Para detectar diferencias entre la variante A y B respecto del total de indicadores para *i*, se empleó el test U de Mann Whitney. En todos los casos se utilizó un nivel de significación alfa del 10%.

RESULTADOS

Las preguntas *a*, *c* y *f* (nivel E) fueron respondidas satisfactoriamente con muy alta frecuencia en ambas variantes. En A, 25/27, 26/27 y 24/27, respectivamente. En B, 25/27, 27/27 y 27/27.

Algo similar ocurre con las preguntas *b*, *d* y *g* (nivel I). En A, las frecuencias resultaron 25/27, 26/27 y 24/27, respectivamente. En B, 27/27, 25/27 y 23/27.

Las preguntas *e* y *h* (nivel C) fueron respondidas satisfactoriamente con una frecuencia menor, evidenciándose diferencias significativas entre ellas ($p = 0,065$ y $p = 0,016$, para las variantes A y B respectivamente). Para A, las frecuencias resultaron 13/27 en *e* y 20/27 en *h*. Para B, 8/27 y 15/27, respectivamente. Si bien no se encontraron diferencias significativas en *e* y *h* entre las distintas variantes ($p = 0,163$ y $p = 0,154$, respectivamente), si se evidencia una tendencia.

En cuanto a *i* (nivel C, abierta), el total de indicadores fue significativamente diferente ($p = 0,077$) entre las dos variantes. Se contabilizaron 19 referencias a modelos físicos en la variante A y 13 en B, 13 nuevas representaciones propuestas en A y 8 en B, 8 casos con múltiples aclaraciones semióticas en A y 4 en B, y 3 individuos con multiplicidad de lenguajes para ambas.

CONCLUSIONES

Los participantes mostraron estar familiarizados con los gráficos cartesianos y lograron acceder a la información explícita e implícita, evidenciado por los resultados de las preguntas *a*, *c* y *f*, relacionadas con la información explícita, y *b*, *d* y *g*, vinculadas al nivel implícito. En todos los casos y para ambas variantes la frecuencia resultó alta. Esto muestra que el desarrollo de las habilidades relacionadas con los dos primeros niveles se logra durante la escolarización con anterioridad a la universidad. Las actividades en donde se pide a los estudiantes que procesen las representaciones a estos niveles no implicarían desafíos.

Las preguntas *e* y *h*, relacionadas con la información conceptual, registraron en todos los casos una frecuencia menor de respuestas esperadas, lo que evidenciaría la complejidad de este nivel. Resultan llamativas las diferencias entre las frecuencias para cada pregunta, las respuestas esperadas para la pregunta *e* son significativamente menores que para *h* en ambas variantes de la tarea. Esto puede atribuirse a que la pregunta *e* utiliza en su construcción el concepto de *trabajo*, de elevado nivel de abstracción. En cambio, *h* hace referencia a los conceptos de *rozamiento* y *fricción interna* (según la variante), más cercanos a lo experiencial.

El análisis de la pregunta *i* confirma la complejidad del procesamiento conceptual y las dificultades para llevarlo adelante. Fueron pocas las producciones en las que se encontraron múltiples indicadores y sólo en algunos casos apareció el uso de un lenguaje mixto. Estos estudiantes son los mismos que respondieron satisfactoriamente las preguntas *e* y *h*. Por lo que, el desarrollo del procesamiento conceptual debería constituirse en un objeto de interés para los profesores universitarios.

Los resultados muestran diferencias significativas entre el desempeño de los estudiantes conforme la variante en la pregunta *i*. Además, se evidencian tendencias acordes en *e* y *h*. La variante A obtuvo mejores resultados que la B. Esto sólo puede atribuirse a la influencia del contenido representado, ya que los gráficos y las preguntas eran equivalentes en todo otro aspecto. La mecánica de fluidos (variante B) parecería influir negativamente la posibilidad de procesar conceptualmente la representación, al menos en mayor medida que la mecánica (variante A). Posiblemente los complejos y abstractos modelos de la mecánica de fluidos presenten dificultades para conectarse con la representación. Esto debería ser tenido en cuenta a la hora de diseñar actividades de clase o de evaluación.

Este estudio muestra que la posibilidad de acceder a la información conceptual resulta esquiva para muchos estudiantes, muy probablemente debido al contenido representado que condiciona su procesamiento conceptual. Las consecuencias inmediatas se verían reflejadas en obstáculos para construir aprendizajes cuando la enseñanza implicase la utilización de representaciones con importante carga conceptual como es habitual en los estudios superiores de ciencias. Por lo que es menester avanzar en el estudio del procesamiento y la dificultad que plantean distintos contenidos al ser representados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco de los Proyectos: UBACYT (2014-2017) N° 20020130100073BA y CONICET- PIP (2014-2016) N° 11220130100609CO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COOK, M., CARTER, G., y WIEBE, E. N. (2008). The interpretation of cellular transport graphics by students with low and high prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(2), 239-261.
- DEBRAY, R. (2001). *Introducción a la mediología*. Barcelona: Paidós.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali: Universidad del Valle y Peter Lang S.A.
- LOMBARDI, G., CABALLERO, C. y MOREIRA, M. A. (2009). El concepto de representación externa como base teórica para generar estrategias que promuevan la lectura significativa del lenguaje científico. *Revista de Investigación*, 33(66), 147-186.
- LÓPEZ-MANJÓN, A. y POSTIGO, Y. (2014). Análisis de las imágenes del cuerpo humano en libros de texto españoles de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 551-570.
- PERALES, F.J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 13-30.
- PÉREZ-ECHEVERRÍA, M. P., MARTÍ, E. y POZO, J. I. (2010). Los sistemas externos de representación como herramientas de la mente. *Cultura y Educación*, 22 (2), 133-147.
- POSTIGO, Y. y POZO, J. I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-100.
- POZO, J. I. (2001) *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.